

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО МОНИТОРА  
НА ПАРАХ БРОМИДА МЕДИ**

Ли Линь<sup>1</sup>, Губарев Ф.А.<sup>1,2</sup>, Кленовский М.С.<sup>1,3</sup>

Научный руководитель: Губарев Ф.А., доцент, к.ф.-м.н.

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup> Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Россия, г. Томск, пл. Академика Зуева, 1, 634021

<sup>3</sup> Институт электронной физики НАН Украины, Украина, г. Ужгород, ул. Университетская, 21, 88017

E-mail: wojiaolilin@mail.ru

**INVESTIGATION OF RADIATION PROFILE OF A LASER MONITOR BASED  
ON COPPER BROMIDE VAPOR**

Li Lin<sup>1</sup>, Gubarev F.A.<sup>1,2</sup>, Klenovskii M.S.<sup>1,3</sup>

Scientific Supervisor: Assoc. Prof., Dr. Gubarev F.A.

<sup>1</sup> National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 30, 634050

<sup>2</sup> V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch,

Russia, Tomsk, Academician Zuev square, 1, 634021

<sup>3</sup> Institute of Electron Physics, National Academy of Sciences of Ukraine,

Ukraine, Uzhgorod, Universitetskaya St., 21, 88017

E-mail: wojiaolilin@mail.ru

*В работе приводятся результаты исследования профиля излучения активного элемента лазера на парах бромида меди, применяемого в качестве усилителя яркости в лазерном мониторе. Получены профили усиленного за один проход излучения на лазерных переходах  $4p^2P_{3/2}^0 \rightarrow 4p^2D_{5/2}$  и  $4p^2P_{1/2}^0 \rightarrow 4p^2D_{3/2}$  атома меди.*

Лазерный монитор на основе усилителя яркости на парах металла является одним из уникальных инструментов, позволяющих визуализировать объекты, экранированные мощным тепловым излучением [1, 2]. Примерами таких объектов могут быть структуры, образующиеся при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе или воздействии мощным потоком энергии на поверхность вещества. Формирование этих структур сопровождается выделением большого количества лучистой энергии, а потому недоступно для наблюдения обычными визуальными способами.

Качество изображений, получаемых лазерным монитором, во многом определяется оптическими характеристиками усилителя яркости. Для получения изображений высокого качества необходимо, чтобы профиль усиления был радиально равномерным. Именно изучению данного вопроса и посвящена представляемая исследовательская работа.

В работе исследовался активный элемент лазера на парах бромида меди (усилитель яркости), идентичный применяемому в [2, 3]. Профили однопроходного излучения на отдельных лазерных переходах  $4p^2P_{3/2}^0 \rightarrow 4p^2D_{5/2}$  и  $4p^2P_{1/2}^0 \rightarrow 4p^2D_{3/2}$  атома меди регистрировались посредством применения

интерференционных оптических фильтров. В остальном техника и методика эксперимента идентичны применяемым в работе [3].

На рис. 1 приведены профили однопроходowego излучения зеленого и желтого лазерных переходов атома меди при различном содержании в активной среде паров бромида меди (различной температуре нагрева контейнеров с порошком CuBr). Можно заметить, что профили однопроходowego излучения на обоих лазерных переходах характеризуются наличием провала интенсивности на оси пучка. Подобные провалы приводят к искажениям передачи яркости изображений, получаемых лазерным монитором. Хотя при повышении концентрации паров CuBr провал интенсивности излучения на зеленом лазерном переходе исчезает, при этом попутно происходит сужение пучка излучения. Данный режим работы лазерного монитора является нежелательным, т.к. может приводить к существенному снижению контраста изображений, получаемых лазерным монитором. Следует также отметить, что в используемом активном элементе для приведенных условий усиление на лазерном переходе  $4p^2P_{3/2}^0 \rightarrow 4p^{22}D_{5/2}$  преобладает над усилением на  $4p^2P_{1/2}^0 \rightarrow 4p^{22}D_{3/2}$  переходе атома меди.

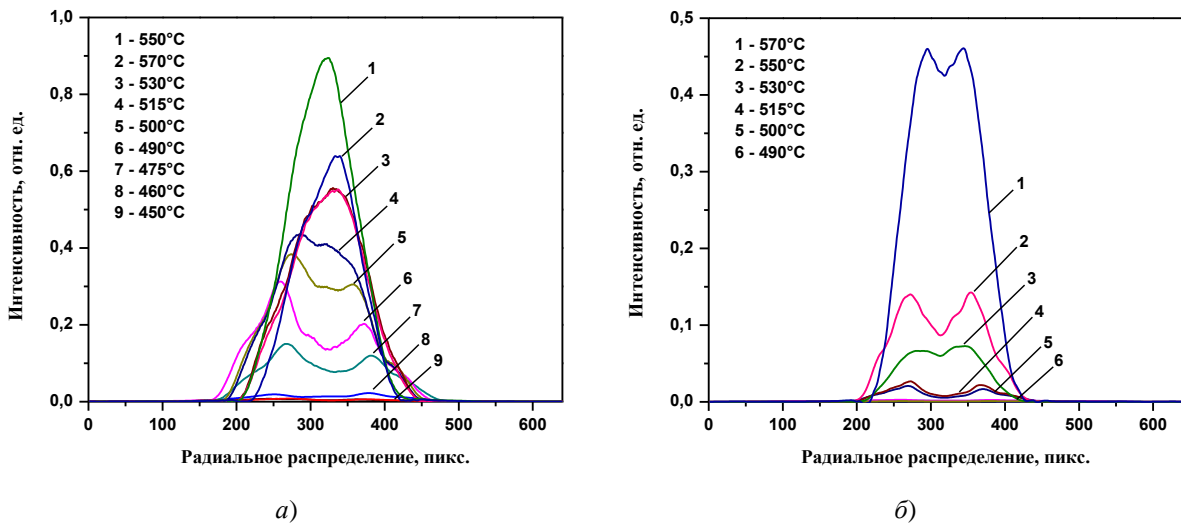


Рис. 1. Профили усиленного за один проход излучения лазерных переходов  $4p^2P_{3/2}^0 \rightarrow 4p^{22}D_{5/2}$  (а) и  $4p^2P_{1/2}^0 \rightarrow 4p^{22}D_{3/2}$  (б) атома меди при различной температуре контейнеров с порошком CuBr.

На рис. 2 приведены профили однопроходowego излучения зеленого и желтого лазерных переходов атома меди при введении в активную среду активной примеси HBr, парциальным давлением  $\sim 0,2$  Тор. При наличии добавки активной примеси HBr провал усиления на оси газоразрядной трубки, как для зеленого, так и для желтого лазерных переходов атома меди не наблюдается. При температуре контейнера с порошком CuBr равной 500 и 515°C на профиле однопроходowego излучения наблюдалось плато на зеленой или желтой линии (рис. 2). Данные условия можно выделить как наиболее благоприятные для получения качественных изображений лазерным монитором.

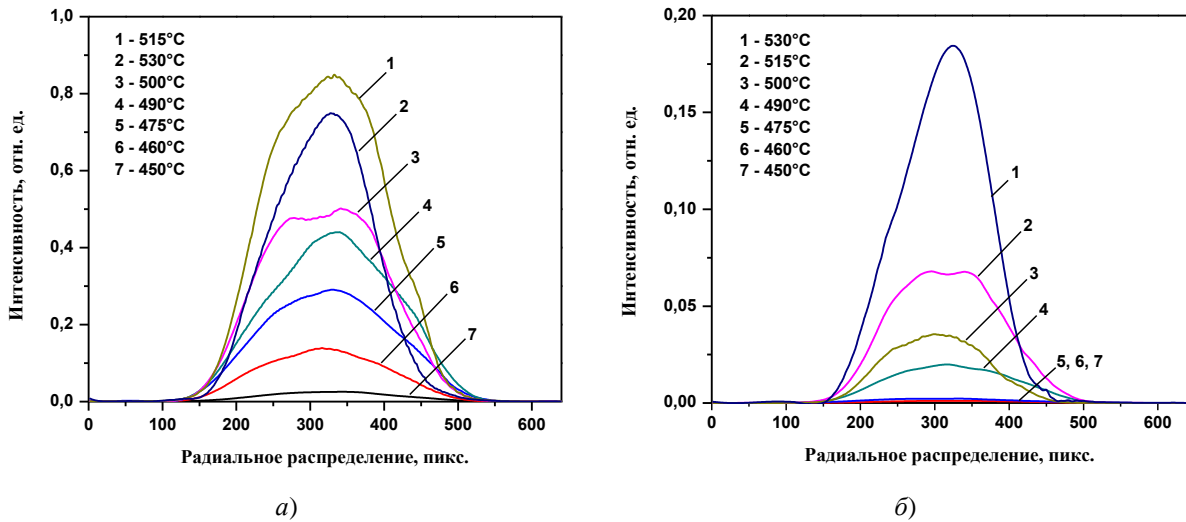


Рис. 2. Зависимость профилей усиленного за один проход излучения лазерных переходов  $4p^2P_{3/2}^0 \rightarrow 4p^2D_{5/2}$  (а) и  $4p^2P_{1/2}^0 \rightarrow 4p^2D_{3/2}$  (б) атома меди от температуры контейнера с порошком  $CuBr$  при наличии добавки активной примеси  $HBr$  (~0,2 Топ).

Следует также отметить, что при наличии добавки активной примеси  $HBr$  разница усиления на зеленом и желтом переходах становится еще более заметной, нежели в случае ее отсутствия (рис. 1). Видно, что интенсивность однопроходowego излучения на лазерном переходе  $4p^2P_{1/2}^0 \rightarrow 4p^2D_{3/2}$  практически на порядок ниже, нежели на переходе  $4p^2P_{3/2}^0 \rightarrow 4p^2D_{5/2}$  атома меди.

Помимо ряда преимуществ, таких как увеличение мощности генерации, увеличение ЧСИ, устранения провала усиления на оси ГРТ, применение добавки активной примеси  $HBr$  является целесообразным также и с той точки зрения, что увеличивает разницу усиления между зеленым и желтым лазерными переходами. Это способствует улучшению качества изображений, получаемых лазерным монитором, и не требует дополнительного использования светофильтров, часто применяемых для отделения изображения, получаемого на одном из лазерных переходов. Отметим, что регистрация изображения, полученного на каком-то одном переходе, обеспечивает более качественные изображения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Абрамов Д.В., Галкин А.Ф., Жарёнова С.В., Климовский И.И., Прокошев В.Г., Шаманская Е.Л. Визуализация с помощью лазерного монитора взаимодействия лазерного излучения с поверхностью стекло- и пироуглерода // Известия ТПУ. – 2008. – Т. 312. – № 2. – С. 97–101.
2. Evtushenko G.S., Trigub M.V., Gubarev F.A., Evtushenko T.G., Torgaev S.N., Shiyanov D.V. Laser monitor for non-destructive testing of materials and processes shielded by intensive background lighting // Review of Scientific Instruments. – 2014. – Vol. 85. – P. 033111-1–033111-5.
3. Gubarev F.A., Klenovskii M.S., Lin Li. Radial distribution of a single-pass amplified radiation in the active elements of  $CuBr$  lasers // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 81. – P. 012116-1–012116-7.